

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-289354

(43) 公開日 平成9年(1997)11月4日

(51) Int. Cl. ⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H01S 3/18

H01S 3/18

G02B 6/42

G02B 6/42

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全9頁)

(21) 出願番号 特願平8-98231

(22) 出願日 平成8年(1996)4月19日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 西川 透

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 宇野 智昭

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 東門 元二

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 滝本 智之 (外1名)

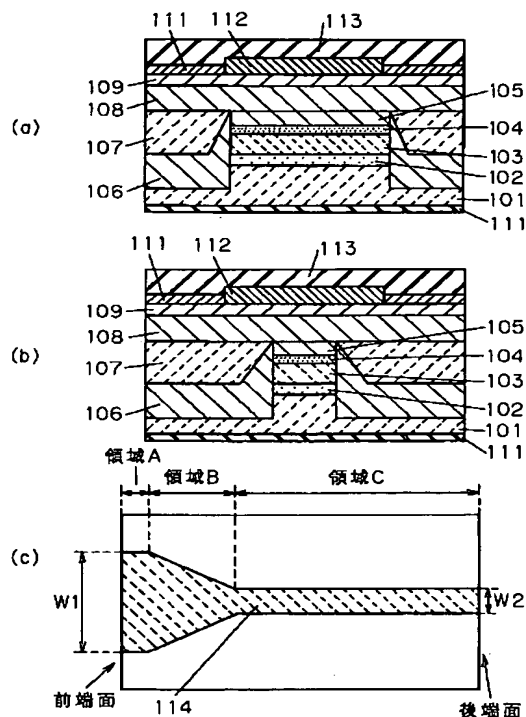
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ素子および光結合装置

(57) 【要約】

【課題】 基板に対して水平方向にスポット径が大きくかつ低閾値電流、高出力を発生可能な半導体レーザ素子を提供する。

【解決手段】 n型InP基板101上にn型InGaAsP閉じ込め層102、多重量子井戸活性層103、p型InGaAsP閉じ込め層104、p型InPクラッド層105がメサ状に形成されており、共振器方向に対してストライプ状である。これらの両側は電流ブロック層106、107で埋め込まれている。このレーザの活性層103を含むストライプ114の幅は、共振器方向に対して変化している。前端面付近の領域Aにおけるストライプ幅W1は、光導波路を伝搬する光のスポット径と同程度に設定されている。後端面から距離Lまでの領域Cにおけるストライプ幅W2は、横モード単一発振するように設定されている。また、領域Bではストライプ幅はテーパ状に連続的に変化している。これにより基板に対して水平方向にスポット径が大きく、低閾値電流、高出力の半導体レーザ素子が実現できる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 化合物半導体基板と該基板上に形成された多層構造を備え、レーザ光を放射する半導体レーザであって、該多層構造は少なくとも活性層を含んでおり、該活性層は共振器方向に対してストライプ状に形成されており、該活性層のストライプ幅が前端面における幅W1と後端面における幅W2の間にW1>W2の関係にあり、共振器方向に対して該ストライプ幅がW2からW1へ連続的に増加しており、基板に対して水平方向にスポット径の大きなレーザ光を発生することを可能とすることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項 2】 前記多層構造が活性層及び該活性層に隣接する光閉じ込め層を含んでおり、該活性層及び該光閉じ込め層からなる光導波領域は共振器方向に対してストライプ状に形成されており、該ストライプの幅が前端面における幅W1と後端面における幅W2の間にW1>W2の関係にあり、共振器方向に対して該ストライプ幅がW2からW1へ連続的に増加しており、基板に対して水平方向にスポット径の大きなレーザ光を発生することを可能とすることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体レーザ素子。

【請求項 3】 前記半導体レーザのストライプ中に横モードを単一化する機能を有することを特徴とする請求項 1 に記載の半導体レーザ素子。

【請求項 4】 前記半導体レーザのストライプ構造を部分的に狭窄化することを特徴とする請求項 3 に記載の半導体レーザ素子。

【請求項 5】 前記半導体レーザの共振器方向に対してストライプ幅を前端面に向かってテーパ状に拡大する構造を有する請求項 4 に記載の半導体レーザ素子。

【請求項 6】 前記半導体レーザの閾値電流低下のために両端面または、前後いずれかの端面に高反射コーティングすることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体レーザ素子。

【請求項 7】 前記活性層に近接して、レーザ共振器方向に実屈折率を周期的に変調させる回折格子が形成されており、単一波長で発振することを特徴とする請求項 2 に記載の半導体レーザ素子。

【請求項 8】 光導波路とレーザ光源を光学的に結合するように対向して配置し、該レーザ光源から出射する光信号を該光導波路を通して外部に接続する光ファイバー伝送路に送出することを特徴とした光結合装置。

【請求項 9】 前記レーザ光源として、半導体レーザ素子を使用することを特徴とする請求項 8 に記載の光結合装置。

【請求項 10】 前記半導体レーザ素子として、請求項 1 に記載の半導体レーザ素子を使用することを特徴とする請求項 9 に記載の光結合装置。

【請求項 11】 前記半導体レーザ素子の活性層の前端面におけるストライプ幅を光導波路のスポット径程度とすることを特徴とした請求項 10 に記載の光結合装置。

【請求項 12】 前記光導波路および半導体レーザ素子を基板の主面上に配置して形成されることを特徴とする請求項 11 に記載の光結合装置。

【請求項 13】 前記光導波路が、光ファイバーの一部を前記基板の主面上に配置して形成されることを特徴とする請求項 12 に記載の光結合装置。

【請求項 14】 前記光ファイバーの一部が、光ファイバー端部のコアを熱的に拡大したいわゆるTEC(Thermal Expansion Core)構造の光ファイバーであることを特徴とする請求項 13 に記載の光結合装置。

【請求項 15】 前記基板上に、光ファイバーを調心するための溝を加工することを特徴とする請求項 13 に記載の光結合装置。

【請求項 16】 前記基板として絶縁膜を堆積させてあるシリコン基板を使用することを特徴とする請求項 15 に記載の光結合装置。

【請求項 17】 前記基板として石英基板を使用することを特徴とする請求項 15 に記載の光結合装置。

【請求項 18】 前記基板としてガラス基板を使用することを特徴とする請求項 15 に記載の光結合装置

【請求項 19】 前記基板としてセラミック基板を使用することを特徴とする請求項 15 に記載の光結合装置

【請求項 20】 前記シリコン基板のファイバー調心用の溝をKOH系エッチャントで選択的にエッチングすることにより、V形に形成することを特徴とする請求項 16 に記載の光結合装置の製造方法。

【請求項 21】 前記シリコン基板、石英基板、ガラス基板またはセラミック基板のファイバー調心用の溝をダイシングソーで切削することにより矩形、V形またはU形に形成することを特徴とした請求項 16、17、18 または 19 に記載の光結合装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバーを用いて光信号を伝送するいわゆる光ファイバー通信における、伝走路である光ファイバーと光源である半導体レーザ素子を光学的に結合する光結合装置とこれに用いられる半導体レーザ素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、センター局からデータや多チャネルの映像情報を一般家庭まで光ファイバーを用いて伝送する光加入者系システムが提案され検討されている。これらのシステムでは、一般家庭の加入者端末に波長多重される異種の光信号を同時に受信するための複数の受光装置と、家庭からセンターに向けたリクエストやデータをおくるための発光装置が必要となる。

【0003】例えばこの種の目的に用いられる光結合装置として参考文献 (I. Ikushima et al., "High-performance compact optical WDM transceiver module for passive double star subscriber systems," Journal of

Lightwave Technology, vol. 13, No. 3, p517~, 1995.) には、図 8 に示すものが提案されている。

【0004】図 8 に示す光結合装置の構成は以下のようになっている。基板 801 上には、PLC (Planar Lightwave Circuit) 光回路 804 が形成されており、その外部には波長 1.3 μm の双方向光信号と 1.55 μm 光信号が伝送される伝送路に接続する光ファイバー 802 と、波長 1.55 μm 光信号を取り出す光ファイバー 803 が接続されている。外部からの光信号は、波長 1.3 μm の光信号を検出する半導体受光素子 805 によ

って検出され、外部への光信号は、PLC 回路外部に置かれるレンズ 806 と半導体レーザ素子 807 によって発生されるようになっている。

【0005】PLC 光回路 804 上には、波長 1.3 μm の光信号と 1.55 μm 光信号を分波してそれぞれ取り出すことができるマッハツェンダー型の波長分離素子 808 と、1.3 μm の光信号を 50% ずつに 2 分岐して一方を伝送される信号の検出用の半導体受光素子 805 に、他方を光信号を送出する半導体レーザ素子 807 に接続する光分岐器 809 から構成されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】従来の光結合装置では、PLC 光回路 804 上に配置される波長分離素子 808 や光分岐器 809 などの各素子を接続する光導波路の位置が正確であり、低損失の光導波路が期待できる。

【0007】しかしながら、本光結合装置は発光素子と PLC 光回路 804 および PLC 光回路 804 と光ファイバー 802、803 とが別の材料で作製されており、伝送路である光ファイバー 802、803 と光導波路を有する基板を光学的に結合するように接続する必要がある。

【0008】この接続には、3 次元方向に数 μm という非常に高い精度での調整を必要とし、同時に長期信頼性のある接続を必要とするため、複雑な組立工程が必要となり、必ずしも経済化が期待できない。

【0009】さらに、基板からの光ファイバー取り出し数が増加するにつれて光ファイバーの接続工程は大変になる傾向があるという課題があり、光加入者伝送系のような低価格で高信頼性の光結合装置を必要とするシステムの実用化に向けては大きな課題である。

【0010】また、半導体レーザ素子 807 と PLC 光回路 804 を結合させるために、レンズ 806 を使用している。この方法では結合効率は稼げるが、部品点数が増えるだけでなく、半導体レーザ素子 807 とレンズ 806 をともに 3 軸方向に光軸調整しなければならず、組立工程を非常に複雑化してしまい低価格化の妨げにもなるという課題も生じる。

【0011】特に後者の課題は、半導体レーザ素子と光導波路を直接結合する時の位置決め許容度が小さいために生じるものであり、この位置決め許容度を大きくす

ば、課題を解決することができる。さらに、光導波路として光ファイバーを用いれば、前者の課題も解決することができる。

【0012】そこで、計算 (J. Sakai et al. ; IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol. QE-16, No. 10, p1059~, 1980) により、光結合装置における半導体レーザと光導波路のスポット径に対する結合効率と位置決め許容度の関係を見積もると、図 4 に示すようになる (ただし、この計算における、スポットは半導体レーザ、光導波路ともに円形と仮定している)。

【0013】図 4 から光結合装置においては、互いのスポット径が近いほど、結合効率が大きくなっていることが分かる。さらに、位置決め許容度も互いのスポット径が近いほど大きくなっていることが分かる。

【0014】一般に、光導波路のスポットと比較すると半導体レーザのスポット径は小さいため、上記の課題を解決する方法としては、半導体レーザのスポット径を大きくすることが、第一に考えられる。

【0015】そこで課題を解決する方法として、これまでに半導体レーザのスポット径を大きくするために参考文献 (P. Doussiere et al. ; Applied Physics. Letters Vol. 64, No. 31, p539~, 1994) において、図 9 に示すような構造を用いる方法が提案されている。

【0016】しかし、この方法では、活性層のストライプ幅を狭くして光閉じ込めの効果を小さくすることにより半導体レーザのスポットを円形に近い状態で大きくするので、活性層での利得が小さく閾値電流が高くなってしまい、出力パワーが出にくいという課題が生じる。

【0017】さらに、活性層のストライプ幅を狭くして光閉じ込めの効果を小さくすることによりスポット径を大きくした場合、光ファイバーや一般の半導体レーザのスポットの典型的な強度分布である正規分布とは異なった強度分布 (ガウス分布) を示し、そのため結合効率劣化の原因になるという課題も生じる。

【0018】そこで、本発明では、光結合装置をより簡単でより経済的な実装・組立てを実現するために、新構造を有した半導体レーザ素子とそれを用いた光結合装置を提供することを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】以上のような課題をすべて解決するため、本発明では、光結合装置における半導体レーザ素子として、図 1 (c) に示すように半導体レーザのストライプ状の活性層をレーザ光を発生する前端面において、光導波路中を伝搬する光のスポット径程度まで拡大する構造を提案する。

【0020】本発明においては、半導体レーザの活性層を狭くするときの欠点を解決し、低閾値電流・高出力がかつ基板に対して水平方向にスポット径の大きな楕円形で正規分布型のスポット強度分布を持つ半導体レーザを実現可能である。

10

20

30

40

50

【0021】図5に示すように、半導体レーザおよび光導波路である光ファイバーの基板に対して水平方向のスポット径をそれぞれWLX、WOX、基板に対して垂直方向のスポット径をWLY、WOYとする。さらに、水平方向の結合効率と位置決め許容度をEX、TX、垂直方向の結合効率と位置決め許容度をEY、TYとする。

【0022】このとき、図4からEX、TX、EY、TYを求めると、図9に示す半導体レーザ素子を用いる場合、最大でWLX=WLY=4.0 μ m程度のほぼ円形であり、光導波路を単一モード光ファイバー（スポット径WOX=WOY=10 μ m）とすると、その結合効率はそれぞれEX=EY=0.69となり、全体の結合効率をEとすると、 $E = EX \cdot EY = 0.48$ 程度となる（ただし、本文中の光ファイバーのスポット径と光ファイバーのコア径は、同義とする）。

【0023】また、そのときの光ファイバーに対する半導体レーザ素子の位置のズレと結合効率の関係は計算から図6に示す破線のようなり、結合効率がピークから3dB下がったところでの位置決め許容度は、TX=TY= $\pm 3.2 \mu$ m程度となる。

【0024】一方、図7に示す計算結果から、単一モードの光ファイバーとの結合を考えた場合、本発明における半導体レーザ素子のスポット径は、WLX=10 μ m、WLY=2.4 μ mとなり、上記単一モード光ファイバーとの結合効率はEX=1.0、EY=0.45となり、全体の結合効率Eは、 $E = EX \cdot EY = 0.45$ となる。

【0025】また、そのときの光ファイバーに対する半導体レーザ素子の位置のズレと結合効率の関係は計算から図6に示す実線のようなり、結合効率がピークから3dB下がったところでの位置決め許容度は、TX= $\pm 4.2 \mu$ m、TY= $\pm 3.0 \mu$ m程度となる。

【0026】以上の計算結果より、本発明のように、基板に対して水平方向にのみ楕円形にスポットサイズを大きくする方法でも、円形にスポットサイズを大きくする方法と同程度の結合効率と垂直方向の位置決め許容度が得られ、さらにより大きな水平方向の位置決め許容度が得られることが分かる。

【0027】また、図2に示すような同一基板上に本発明の半導体レーザ素子と光導波路を配置するような光結合装置を考えた場合、基板に対して垂直方向には必然的に位置決め精度が高くなるため、本発明のように基板に対して水平方向に位置決め許容度の大きい半導体レーザ素子を用いることは非常に優位である。

【0028】従って、図2に示すような、実施形態を採った場合、これまでのような高精度な位置決めや複雑な組立工程なしに半導体レーザと光導波路を高効率で結合する光結合装置を作製することができるようになり、低価格で高信頼性の光結合装置を提供することが可能となる。

【0029】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態とその

効果について、図1から図3を用いて説明する。

【0030】（実施の形態1）図1（a）は、本発明第一実施例の半導体レーザ素子の前端面部の図であり、図1（b）は、本発明第一実施例の半導体レーザ素子の後端面面部の図であり、図1（c）は、本発明第一実施例の半導体レーザ装置の上部から見た透視図であり、内部構造が分かるようにしてある。本発明の半導体レーザは、その発振波長が1.3 μ m近傍である。

【0031】本発明の半導体レーザの構成は、n型InP基板101上にn型InGaAsP光閉じ込め層（厚さ150nm、 $\lambda_g=1.0 \mu$ m）102、多重量子井戸活性層103、p型InGaAsP光閉じ込め層（厚さ30nm、 $\lambda_g=1.05 \mu$ m）104、p型InPクラッド層（厚さ400nm）105がメサ状に形成されており、共振器方向に対してストライプ状に伸びている。

【0032】また、これらの両側は、p型InP電流ブロック層106、n型InP電流ブロック層107で埋め込まれており、その上部にはp型InP埋込層108、p型InGaAsPコンタクト層（ $\lambda_g=1.05 \mu$ m）109が形成されている。

【0033】n型InP基板101の裏面には、Au/Sn合金からなるn型電極110が形成され、p型InGaAsPコンタクト層109の上部にはストライプ状の窓を有するSiO₂絶縁膜111が形成されており、その上部に形成されたAu/Zn合金からなる電極112は、SiO₂絶縁膜111のストライプ状の窓を通してp型InGaAsPコンタクト層109に接触している。さらに、電極112の上部にTi/Au合金からなるp型電極113が形成されている。

【0034】また、多重量子井戸活性層103は、0.7%の範囲で圧縮歪が導入された厚さ6nmのInGaAsP井戸層と意図的に歪は導入されていない厚さ10nmのInGaAsP障壁層（ $\lambda_g=1.05 \mu$ m）の5対から構成されている。

【0035】また、レーザ共振器の長さは300 μ m以上であり、活性層103を含むストライプ114の幅が共振器方向に対して変化している。レーザの前端面から25 μ mの領域Aにおける該ストライプ幅W1は、光導波路を伝搬する光のスポット径と同程度に設定されており、光導波路を市販されている単一モードの光ファイバー（スポット径10 μ m程度）とすると、ストライプ幅W1は図7に示す導波路解析の計算結果から10 μ m程度となる。

【0036】また、本発明の半導体レーザ素子を光通信に用いた場合、低雑音・低歪などの性能は必要不可欠なものである。従って、半導体レーザを単一横モードで発振させなければならない。そのため本発明では、半導体レーザが単一横モード発振するように後端面から長さLの領域Cにおける該ストライプ幅W2を1.0~1.5 μ mに設定することにする。そして、残りの領域Bでは、スポット径を大きくするために前端面に向かってストライプ幅をテーパ状にW2まで大きくしている。

【0037】このテーパ領域の形状は、線形（1次関

数) 的でも非線形 (2 次以上の関数) 的でも良い。領域 B における光の伝搬損失をなくすためには、線形の場合には、領域 B の長さがある程度長くする必要があるが、非線形の場合には、領域 B の長さは比較的短くて済む。

【0038】また、劈開時のマージンと領域 B における損失の低減のために、数 $10\mu\text{m}$ ~ $100\mu\text{m}$ の長さで一定幅 W2 の領域 A の部分を設けている。

【0039】前記されている後端面からの長さ L は、該半導体レーザが単一横モードで発振し、十分に閾値電流が小さくかつ高出力が得られるように $200\mu\text{m}$ 以上に設定することにする。

【0040】さらに、単一横モード発振を促すために、高次モードの立ちやすい該ストライプ幅が $2\mu\text{m}$ 以上の部分には電流が注入されないように電極を付けないようにする。

【0041】本実施例では、レーザの前端面及び後端面は劈開面であるが、低閾値電流化・高出力化のため、2 つの端面の内の片方もしくは両方を高反射コーティングしても良い。

【0042】さらに本実施例では、発振波長は $1.3\mu\text{m}$ 帯であるが、材料の組成を変えることにより $1.55\mu\text{m}$ 帯及びそれ以外としても良い。また、本実施例では、ファブリペロー型共振器を持つレーザとしているが、活性層近傍 (例えば活性層近傍の基板) に回折格子を形成した分布帰還型半導体レーザ (DFBレーザ) としても良い。

【0043】(実施の形態 2) 図 2 (a) は、本発明の第二実施例の光結合装置の断面図であり、図 2 (b) 本発明の第二実施例の光結合装置の上面図である。

【0044】本発明の構成は、基板 201 上に本発明における半導体レーザ素子 202 と光導波路である単一モード光ファイバー 203 を対向して配置したものであり、基板 201 は、それぞれの光軸が同じ高さになるように加工されている。また、単一モード光ファイバー 203 に対しては、基板 201 に対して水平・垂直の両方向ともに位置を無調整で固定できるように基板 201 に溝状のファイバー調心溝 204 が加工されている。

【0045】ファイバー調心溝 204 の形状は、単一モード光ファイバーのコア 205 の位置が無調整で一意的に決定されるように、V 形、U 形または矩形をしており、ファイバー調心溝 204 の光ファイバーを支持する面は平坦でかつ半導体レーザの共振器方向に対して平行でなくてはならない。

【0046】本実施例では、基板 201 が加工されているため、基板に対して垂直方向には、非常に精度良く半導体レーザ 202 と光ファイバー 203 を配置することが可能になっている。

【0047】また、光ファイバー 203 は、基板に対して水平方向にも精度良く位置決めができるので、半導体レーザ 202 と光ファイバー 203 の結合効率の大きさは、半導体レーザ 202 の位置決め許容度に大きく依存する。

【0048】図 6 は、前記した結合効率が同程度の 2 つのタイプの半導体レーザにおける、光ファイバーのコア 205 の中心と半導体レーザのスポットの中心との水平及び垂直方向の位置ズレに対する結合効率を計算したものである。

【0049】図 6 に示すような本発明における半導体レーザ素子 202 を用いた場合、図 9 に示す従来の円形にスポットサイズを大きくする半導体レーザに比べて、基板に対して水平方向の位置決め許容度が 30% 以上大きいため、半導体レーザ素子 202 を実装する際により簡単な調整で済むため、非常に有利となる。

【0050】本実施例では、さらに、位置決め許容度を大きくするために図 3 に示す実施例のようなファイバーの一部が光ファイバー端部のコアを熱的に拡大したいわゆる TEC (Thermal Expansion Core) 構造の光ファイバーを使用しても良い。

【0051】TEC (Thermal Expansion Core) 構造のファイバーの実施例を図 3 に示す。該ファイバーは、単一モードファイバー 301 のコアを熱的に拡散させてコア径を拡大したもので図 3 (a) および (c) に示すように線形 (1 次関数) 的に拡大したものと、図 3 (b) および (d) に示すように非線形 (2 次以上の関数) 的に拡大したものがある。

【0052】コア拡大領域 302 での伝搬損失を 0 に近づけるために、コア拡大領域 302 を線形的に拡大したものは、長い領域を必要とするが、コア拡大領域 302 を非線形的に拡大したものは比較的短い領域で済む。

【0053】上記 TEC 構造の光ファイバーを使用することにより、光ファイバーのコア径を大きくすることができ、図 4 に示すように、さらに位置決め許容度をファイバーのコア径近くまで大きくすることができる。

【0054】また、本実施例では光ファイバーのコア径が $10\mu\text{m}$ の単一モード光ファイバーを使用しているが、半導体レーザのスポット径が $10\mu\text{m}$ 以下の場合には、光ファイバーのコア径も $10\mu\text{m}$ 以下の単一モード光ファイバーであっても良い。

【0055】上記した基板加工の方法としては、シリコン基板上に V 形のファイバー調心溝を形成する場合には、シリコン基板に対して異方選択性の非常に強い KOH 系エッチャントを用いる方法がある。この方法ではシリコン表面にマスクを形成するだけで幅・深さを簡単に精度良く制御することができる。

【0056】シリコン基板に対しては、他に V 形加工用の刃を用いてダイシングカットする方法もある。また、U 形や矩形のファイバー調心溝を加工する場合も、同様にそれぞれ専用の刃を用いてダイシングカットすれば良い。

【0057】また、ファイバー調心溝 204 が矩形の場合、図 2 に示すようにファイバーを 3 面で支持する方法と、基板表面と矩形型の溝の間にできた 2 つの直角な角

で支持する 2 つの方法がある。

【0058】基板としてシリコン基板を使用する場合、電気的な容量を低減するためにSiO₂などの絶縁膜を堆積させる必要がある。これは、光結合装置を作成する場合の工程を増やすことになる。そこで、絶縁体でかつ加工が容易な石英基板、ガラス基板およびセラミック基板などを使用するのも有効である。

【0059】特に、セラミック基板は、高精度に加工された型から型抜きされたセラミック材料を焼き固めるだけで精度良く基板を作成することも可能である。

【0060】

【発明の効果】以上の説明のように、光結合装置の半導体レーザ素子として本発明における半導体レーザ素子を使用することにより、伝送路である光ファイバーとの結合効率を飛躍的に改善するだけでなく、この種の光結合装置のもう一つの懸案である実装時の位置決め許容度を大きくするという効果も得られる。

【0061】また、光結合装置に加工した各種基板を使用することにより、非常に簡単に装置を組み立てることができるようになる。従って本発明を実施することにより、低価格で高信頼性のある光結合装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a) 本発明の第一の実施例の半導体レーザの前端面付近の断面図

(b) 本発明の第一の実施例の半導体レーザの後端面付近の断面図

(c) 本発明の第一の実施例の半導体レーザの上面図

【図2】(a) 本発明の第二の実施例の光結合装置の断面図

(b) 本発明の第二の実施例の光結合装置の上面図

【図3】(a) TEC(Thermal Expansion Core) 構造光ファイバーの第一実施例の断面図

(b) TEC(Thermal Expansion Core) 構造光ファイバーの第二実施例の断面図

(c) TEC(Thermal Expansion Core) 構造光ファイバーの第三実施例の断面図

(d) TEC(Thermal Expansion Core) 構造光ファイバーの第四実施例の断面図

【図4】計算による半導体レーザと光導波路のスポット径の違いによる結合効率と許容度の関係を示している図

【図5】(a) 半導体レーザのスポット径定義の図

(b) 光ファイバーのスポット径定義の図

【図6】計算による本発明と従来型の半導体レーザ素子の光ファイバーに対する位置のズレと結合効率の関係を示している図

【図7】導波路解析による、半導体レーザのストライプ幅W1とスポット径の関係を示している図

【図8】従来例WDMモジュールの上面図

【図9】円形にスポットを大きくする従来例半導体レーザの斜視図

【符号の説明】

101 n型InP基板

102 n型InGaAsP光閉じ込め層

103 多重量子井戸活性層

104 p型InGaAsP光閉じ込め層

105 p型InPクラッド層

106 p型InP電流ブロック層

107 n型InP電流ブロック層

108 p型InP埋込み層

109 p型InGaAsPコンタクト層

110 Au/Sn電極

111 SiO₂絶縁膜

112 Au/Zn電極

113 Ti/Au電極

114 活性層を含むストライプ

201 基板

202 本発明における半導体レーザ素子

203 単一モード光ファイバー

204 ファイバー調心溝

205 コア

206 ストライプ状の活性層

301 単一モード光ファイバー

302 コア拡大領域

303 多モード光ファイバー

304 ファイバー融着面

501 半導体レーザ

502 半導体レーザのスポット

503 光ファイバーのコア

504 光ファイバーのスポット径(コア径)

801 基板

802 波長1.3μmの双方向光信号と1.55μm光信号が伝送される伝送路に接続する光ファイバー

803 波長1.55μm光信号を取り出すファイバー

804 PLC(Planar Lightwave Circuit) 光回路

805 波長1.3μmの光信号を検出する半導体受光素子

806 レンズ

807 半導体レーザ素子

808 マツハツエンダー型の波長分離素子

809 光分岐器

901 InP基板

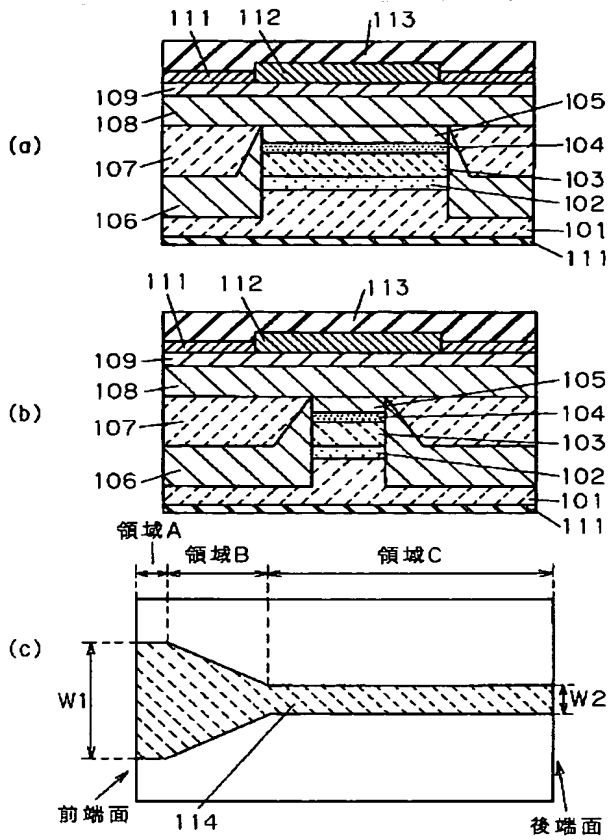
902 ストライプ

903 InP埋込層

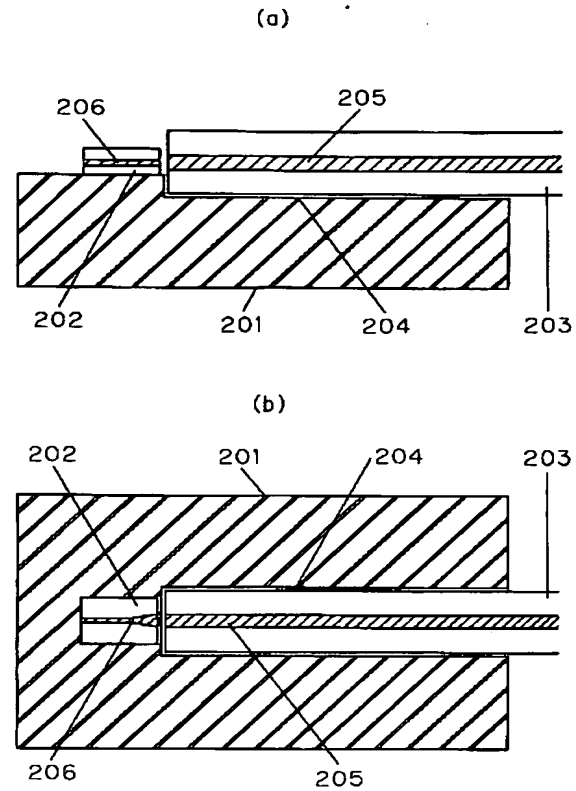
904 多重量子井戸活性層

905 InGaAsP光閉じ込め層

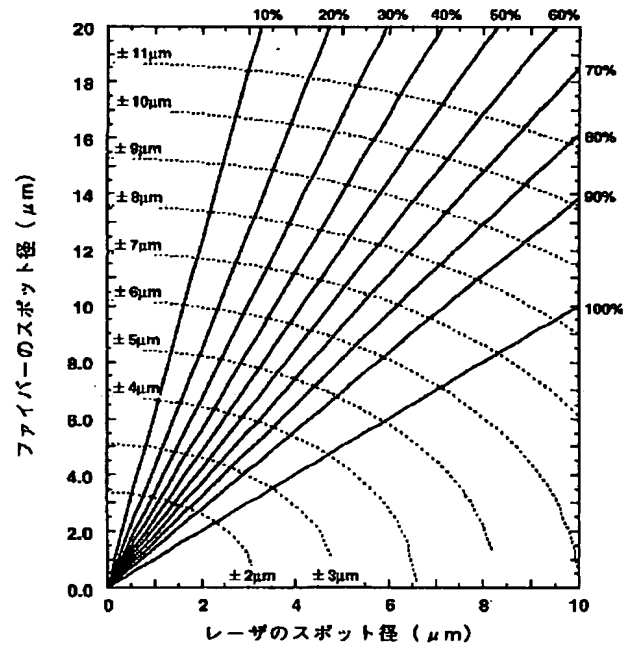
【図1】



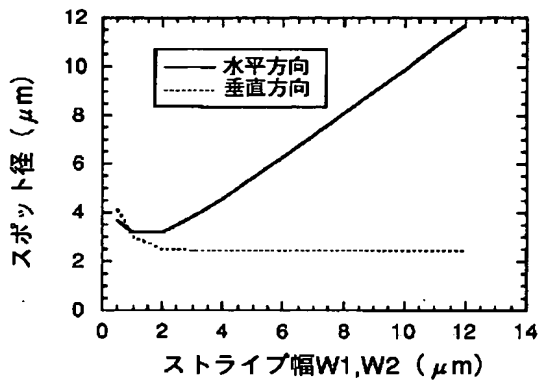
【図2】



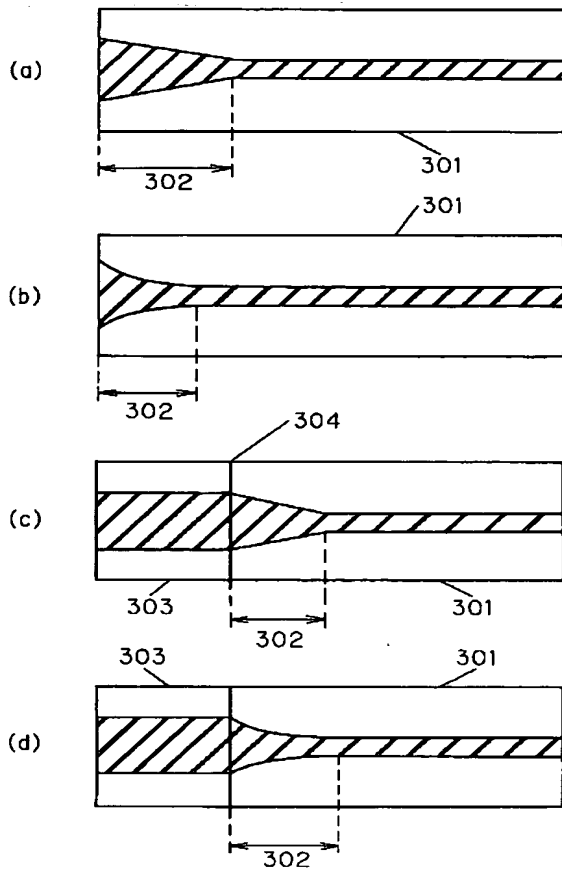
【図4】



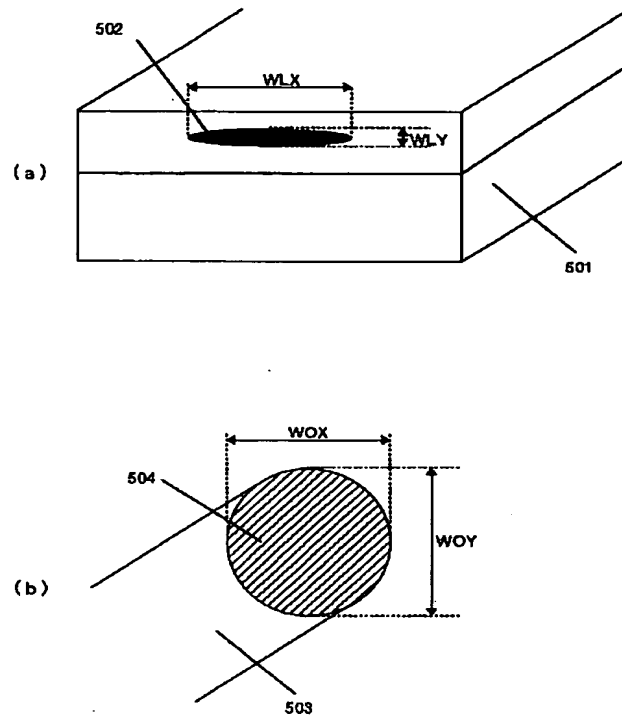
【図7】



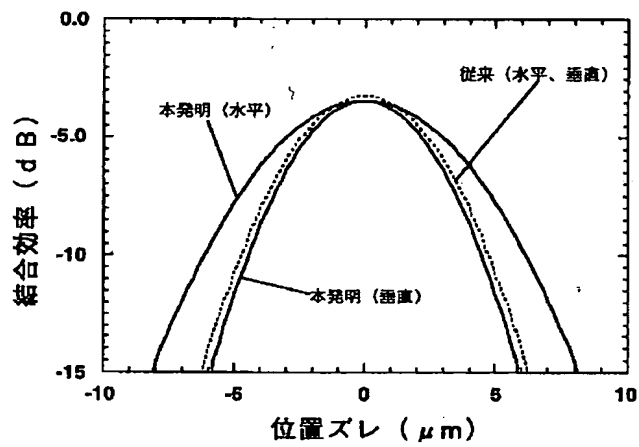
【図3】



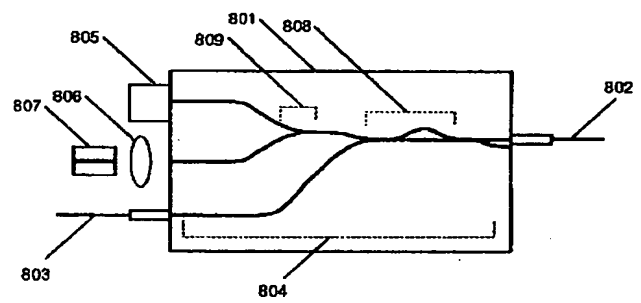
【図5】



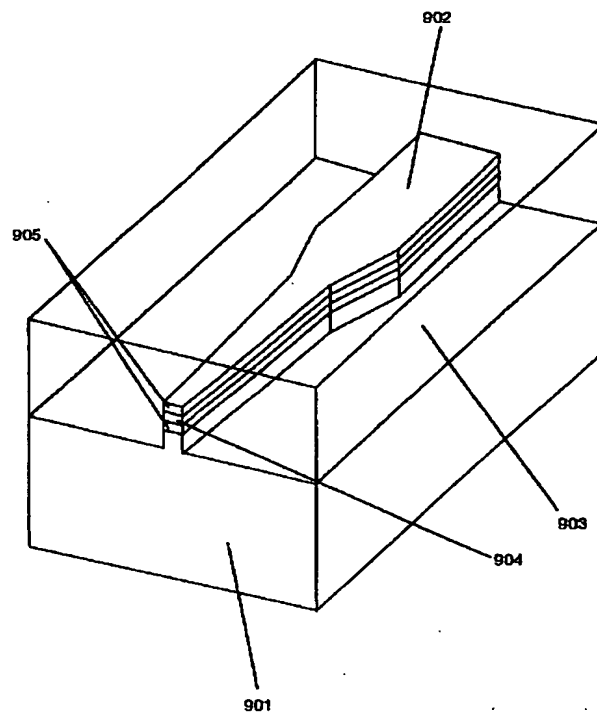
【図6】



【図8】



【図 9】



フロントページの続き

(72) 発明者 鬼頭 雅弘
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内